

Sucrose를 첨가한 김치의 발효시 생성되는 점성물질의 본성에 대하여

한영숙[†] · 우경자* · 박영희** · 이태녕***

성신여자대학교 식품영양학과, *인하대학교 식품영양학과
중앙대학교 가정학과, *서울대학교 화학교육과

The Nature of Viscous Polysaccharide Formed Kimchi Added Sucrose

Young-Sook Hahn[†], Kyung-Ja Woo*, Young-Hee Park** and Tae-Young Lee***

Dept. of Food and Nutrition, Sungshin Women's University, Seoul 136-053, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Inha University, Incheon 402-751, Korea

**Dept. of Home Economics, Chungang University, Seoul 156-756, Korea

***Dept. of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract

Jangkimchi is a kind of Kimchi which is made with soy-sauce instead of salt. Occasionally, when sugar is added to Jangkimchi for condiment, the kimchi juice becomes viscous. In this study, the nature of the viscous material and the condition for producing viscous property in Kimchi juice were investigated. HPLC analysis showed that the viscous material in Jangkimchi is polysaccharide composed of glucose. Sucrose was more effective in forming viscous juice than glucose and the viscosity increased with the addition of sucrose up to 10%. Soy-sauce also played a role in increasing the viscosity of Kimchi juice compared with salt. Aerobic fermentation condition was found to be another factor to make the juice viscous. The population of *Leuconostoc mesenteroides*, well-known producer of viscous dextran was not different in the Kimchi juice prepared with the addition of sucrose from that without sucrose, which implies that the Jangkimchi preparation methods such as addition of sucrose and soy-sauce would do some effects on the production of viscous material in Jangkimchi.

Key words: Kimchi, Jangkimchi, viscous polysaccharide, dextran

서 론

김치는 배추, 무를 재료로 하는 우리고유의 발효식품으로 숙성 중 생성된 각종 유기산, 알코올, CO₂, 아미노산, 핵산 등이 입맛과 식욕을 증가시킬 뿐 아니라 각종 비타민과 미네랄 등의 공급원으로 주목할 만한 식품이다(1).

김치의 종류는 190여종(2)에 이르며 각 지방마다, 가정에 따라서 특색있는 재료로 그 맛을 다양하게 하고 있다. 그 중 장김치는 중부지방, 특히 서울지방에서 즐겨먹던 김치이나 최근에는 겨우 일부에서만 담그어 먹고 있다. 이러한 장김치는 무, 배추에 밤, 미나리, 대추 등의 부재료를 사용하였으며 조미료로 설탕을 첨가하기도 한다. 그러나, 김치에 설탕을 첨가할 경우, 발효시간의 경과와 더불어 김치국물의 점도가 증가하는 현

상을 볼 수 있다. 이 점도의 증가현상은 일찍이 dextran에 의한 것이 밝혀졌다. Dextran은 *Leuconostoc mesenteroides* 등의 미생물이 균체 밖으로 생성하는 다당류의 총칭으로 배지 중의 sucrose가 분해, 그 중의 glucose가 중합되어 생성되는 것으로 보고되었으며 혈장증강제, 식품 등의 결정화방지제, 유화안정제 등으로 산업적으로 많이 쓰인다(3). 한편, *Leu. mesenteroides*는 김치 숙성시 최대 10⁷cfu/ml 이상으로 까지 증식하여 김치의 발효를 주도하는 균으로 알려져 있다(4).

본 연구에서는 김치 숙성시 sucrose를 첨가하면 점성이 증가하는 현상의 원인을 밝히고자 소금으로만 담근 김치 및 간장을 첨가한 김치에 설탕과 포도당을 첨가하였을 때의 점성물질의 성질과 생성조건을 살펴 보았기에 그 결과를 보고 한다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 김치재료는 1993년 9월 서울 동송 동 소재의 시장에서 당일 구입하여 사용하였다. 소금은 NaCl(Junsei Chemical Co., Japan)을, 간장은 순수 콩으로 집에서 담근 간장(염도 13.6%)을 사용하였다. Glucose를 비롯한 그 밖의 모든 시약은 모두 분석급 특급 시약을 사용하였다.

김치 담그기

배추는 잎과 줄기가 균일하게 들어가게 하였으며 무는 가운데 토막만을 2×3 cm로 썰어 사용하였다. 배추와 무는 씻어 물기를 닦은 후 무게를 잰고 마늘은 1mm 두께로 저몹으며 대파는 2cm 길이로 썰어 흰부분과 푸른부분이 골고루 들어가게 하였고, 홍고추는 1mm 두께로 썰어 사용하였다. 김치조성은 되도록 단순화하여 배추 100g, 무 50g, 파 10g, 마늘 3.5g, 홍고추 5g으로 하였으며 증류수를 300ml 첨가하였고 이때 간장을 첨가하지 않고 소금으로 염도가 2%가 되도록 맞춘 소금김치를 대조구로 하였다. 간장으로 간을 한 장김치는 총 염도가 2%가 되도록 하였으며 500ml 유리병에 넣어 25°C incubator(DAEIL Lab., DBO-233)에서 숙성시켰다.

실험 처리구

장김치의 점성에 미치는 당의 효과를 보기 위해서 sucrose를 0~20%(w/v), glucose를 5%(w/v) 첨가하였다. 장김치의 점성물질 생성에 미치는 공기의 영향을 알기 위해서는 호기적 조건은 위와 같이 김치를 담귀 병에 담은 방법으로 만들었고 혐기적 조건은 pipette이 들어갈만한 유리관을 김치 가운데 꽂고 김치표면에 파라핀을 부어 만들었다.

점도의 측정

김치국물을 경시적으로 10ml를 채취하여 Ostwald 점도계로 25°C의 항온수조에서 측정하였다. 동시에 그 김치국물 2ml의 무게를 재서 밀도를 구하고 증류수에 대한 비교점도로 나타내었다.

총산도의 측정

김치액의 산도는 N/10 KOH로 적정하고 이것을 젖산 함량(% w/v)으로 환산하였다(5).

환원당의 측정

Bertland법(6)으로 측정하였다. 이때 표준물질로 glucose를 사용하였다.

점성 다당류의 분리 및 구성당 성분 분석

장김치국물 20ml를 채취하여 동량의 에탄올을 넣어 침전시킨 뒤 2000rpm으로 원심분리한 후 5ml의 증류수로 세척하였으며 이 방법을 3번 반복한 뒤, cellulose 투석막에 넣어 투석시킨 후 vacuum desiccator에서 건조시켜 조당류를 얻었다. 조당류 0.2g을 4N 황산 10ml 용액에 넣고 100°C에서 8시간 가열하여 가수분해했다. 이것을 탄산바리움용액으로 중화시킨 뒤 크로마토그래피의 시료로 하였다.

또한 α -amylase에 의한 가수분해(7)는 pH 6.9 phosphate buffer에서 40°C를 유지하며 30분간 행하였고 β -glucosidase에 의한 분해(7)는 pH 5.25에서 30°C를 유지하며 30분간 행하였다.

점성다당류 가수분해물의 분석은 고속액체크로마토그래피(HPLC, JASCO, Japan)로 하였으며 그 밖의 분석조건은 다음과 같다: detector, RI(Waters, R401); eluent, $\text{CH}_3\text{CN} : \text{H}_2\text{O}$ (80 : 20); column, carbohydrate analysis column(3.9×300 mm, Waters); flow rate, 1.5ml/min; pump, PU-980(Jasco)

총균수 및 *Leuconostoc*속 세균수의 계측

총 균수는 PCA(Plate Count Agar, Difco)배지에서 30°C, 48시간 평판 배양하였으며, *Leuconostoc*속 균수는 PES(Phenylethylalcohol-sucrose agar)(8)배지에서 20°C, 72시간 평판 배양한 것에서 출현한 콜로니 수를 계측하였다.

결과 및 고찰

점성 다당류의 동정

장김치국물에서 에탄올에 의해 침전된 물질을 투석 후 가수분해하여 HPLC로 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서와 같이 retention time이 glucose와 일치하는 단일 띠를 나타내어 이 당류는 포도당을 단위체로 하고 있는 dextran임을 시사하고 있다. 또한 이 당류는 α -amylase 및 β -glucosidase에 의하여 가수분해되지 않아 HPLC에 peak가 나타나지 않았으므로 α - 또는 β -1,4 결합의 glucose로 구성된 다당류가 아님을 알 수 있었다. 따라서 sucrose를 첨가한 장김치 중에서

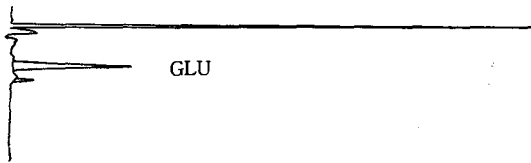


Fig. 1. HPLC chromatogram of the acid hydrolysate of viscose polysaccharide formed in Jangkimchi.

생성되는 점성물질은 1,4결합 이외의 결합을 가진 1,6 또는 1,3 결합의 수용성 다당류임을 알 수 있었다. Dextran은 미생물이 균체 밖에서 생성하는 다당류 중에서 구성단당인 glucose가 주로 α-D-(1-6)-glucopyranose를 골격 사슬로 연결되어 있는 세포외 세포다당류를 총칭하는 말로 이 dextran을 생성하는 효소는 dextransucrase(EC 2.4.1.5, α-(1-6)-D-glucan : d-fructose-2-glucosyl-transferase)이며 배지중의 sucrose를 분해하여 glucose를 중합하는 것으로 알려져 있다(9).

첨가한 당종류 및 당농도가 점도에 미치는 영향

Glucose와 sucrose의 농도를 달리한 장김치에 대하여 경시적으로 김치국물의 점도를 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. 우선 당을 첨가하지 않은 장김치의 점도변화를 보면, 초기 점도는 증류수(0.000) 보다 약간 높아 0.031이었으며 그 후 시간이 경과되어도 점도는 거의 변화하지 않

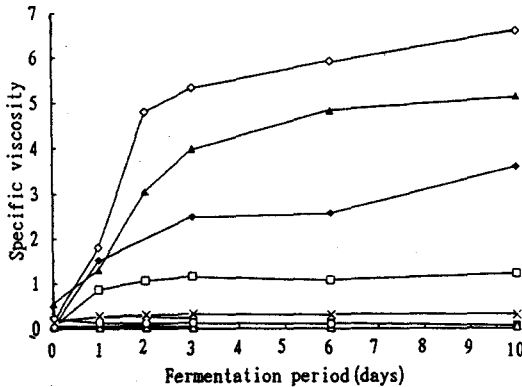


Fig. 2. Effect of sugar concentration on viscosity of Kimchi juice during Kimchi fermentation.

- △ : Control
- : Soy sauce
- : Soy sauce + Suc. 2%
- ◆ : Soy sauce + Suc. 5%
- ◇ : Soy sauce + Suc. 10%
- ▲ : Soy sauce + Suc. 20%
- : Soy sauce + Suc. 0.5%
- : Soy sauce + Glu. 5%
- x : NaCl + Suc. 2

았다. 이 경향은 소금으로 담근 김치도 거의 비슷하였다.

장김치에 sucrose을 0.5% 첨가한 경우도 점도는 약간 높아졌으나 그 이후의 점도 증가는 찾아볼 수는 없었다. 장김치에 sucrose을 2, 5, 10% 첨가한 경우 sucrose 량에 비례하여 점도가 증가하였으며 sucrose 10% 첨가 시의 점도는 초기에는 0.166이었으나 발효 6일에 가서 5.909를 나타내서 첨가 안한 경우의 0.034 보다 상당히 증가하였다. 그러나 sucrose 20% 첨가시의 김치국물의 점도 증가는 10% 첨가한 경우 보다 떨어졌으며 이는 점성물질이 균이 생성한다고 가정하였을 때 그 세균이 고농도의 sucrose로 인해 생육이 저해되었기 때문으로 생각되었다. 한편 glucose을 5% 첨가하는 경우에는 발효 6일 째에도 점도가 증가하지 않아 점도가 0.180에 머물렀으므로 장김치의 점성물질 생성에 glucose는 이용되지 않음을 보여주고 있다. 이상의 결과로 미루어 sucrose의 존재가 점성물질의 생합성의 필요조건이며 glucose는 이 점성물질을 생합성하는 효소의 기질이 되지 못함을 알 수 있다. 한편 간장으로 담근 김치와 소금으로 담근 김치를 비교하면 소금으로 담근 김치에 당을 첨가한 경우에도 점도는 약간 증가하였으나 같은 농도의 sucrose를 첨가했을 때는 간장으로 담근 경우의 점도가 높았다. 이 결과로 김치의 점성증가에 소금보다는 간장성분이 더 효과적임을 알 수 있었다. 이는 간장에 들어 있는 아미노산 등의 질소원 또는 그 밖의 미지물질들이 김치국물의 점성 증가에 긍정적으로 사용되는 것으로 생각되었다.

호기적 숙성조건이 점성물질 생성에 미치는 영향

장김치가 호기적 환경에 놓여있을 때 점성물질 생성에 미치는 영향을 검토하기 위해 유동파라핀으로 표면을 밀폐시킨 것(혐기적 조건)과 표면을 공기에 노출시킨(호기적 조건) 5% sucrose를 첨가한 장김치국물의 조당류의 무게를 측정 한 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

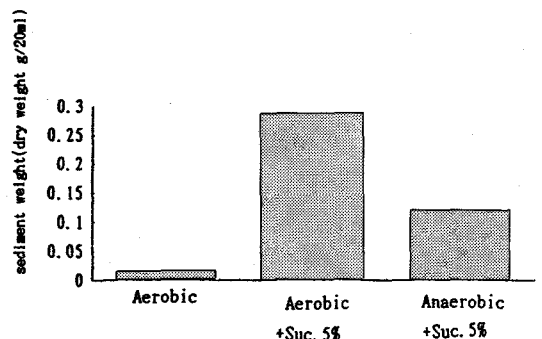


Fig. 3. Effect of aerobic fermentation on the viscous sediment in Jangkimchi.

5% sucrose를 첨가한 장김치의 조당류의 무게는 0.2850g/20ml로 대조구의 0.0106g/20ml 보다는 물론 많았으며, 호기적 조건이 혐기적 조건(0.1867g/20ml) 보다 dextran이 많이 생성되어 점성물질 생합성 양에 산소가 유리하게 작용하고 있음을 알 수 있다.

유기산 생성에 미치는 간장과 당의 영향

Fig. 4에 나타난 바와 같이 발효 1일째부터 소금김치의 총산 생성량 0.14에 비해 장김치의 산 생성량이 0.18로 높았으며, 당을 첨가한 경우에 산 함량이 많은 경향을 보여주었다. 특히 glucose 5%를 첨가한 경우에는 발효 1일째에 0.630으로 sucrose 5% 첨가했을 때의 0.390보다 두드러지게 산 생성이 많았다. 이는 김치 중의 젖산균들의 산 생합성 기질이 glucose 등의 당류임을 감안할 때 당연한 현상이라고 생각된다. 그러나 sucrose의 경우, 같은 농도의 glucose에 비해서 초기의 총 유기산량이 적은 것은 점성물질 합성에 sucrose이 기질로 이용되고 있어서 산생합성과 경합하고 있기 때문으로 생각된다.

장김치의 환원당량에 미치는 당농도의 영향

Fig. 5에 나타난 바와 같이 장김치에 sucrose을 2%, 5% 첨가한 경우의 김치국물의 환원당량은 숙성 1일

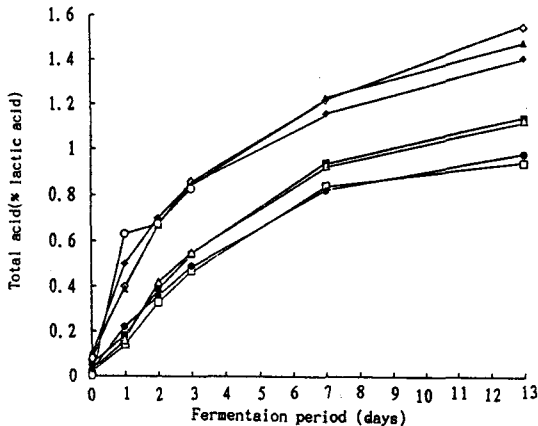


Fig. 4. Effect of sugar addition on total acidity during fermentation of Kimchi.

- : Control
- : Soy sauce
- ◆: Soy sauce + Suc. 2%
- ◇: Soy sauce + Suc. 10%
- ▲: Soy sauce 5%
- △: NaCl + Suc. 2%
- : NaCl + Suc. 5%
- : Soy sauce + Glu. 5%

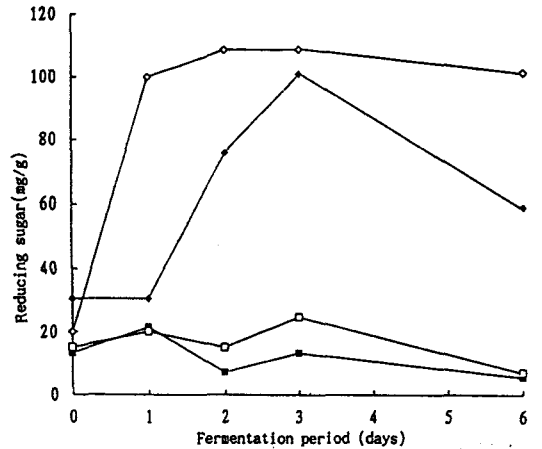


Fig. 5. Effect of sugar addition on reducing sugar during fermentation of Jangkimchi.

- : Soy sauce
- : Soy sauce + Suc. 0.5%
- ◆: Soy sauce + Suc. 2%
- ◇: Soy sauce + Glu. 5%

후에 크게 증가하여 약 100mg/g으로 나타났으며 이는 sucrose의 glucose가 중합되어 김치국물중에 dextran을 형성할 때 생기는 fructose 때문인 것으로 생각되었다. 이 효과는 sucrose 0.5% 첨가 시에는 적었으며 이는 점성물질의 생성정도가 적은 사실(Fig. 2)과 일치하였다.

장김치 숙성에 따른 미생물균총의 변화

장김치의 침지조건이 총 균수와 *Leuconostoc*속 젖산균이 빈도 높게 검출되는 점, *Leuconostoc*속 세균이 dextran 공업에 이용되고 있는 점 등을 종합하였을 때 이 균수와의 점성 물질 생성과의 관계를 밝히기 위하여 김치 발효기간 동안 균수의 변화를 살펴 보았다(Fig. 6). 장김치와 소금김치의 각 처리구에 있어서 *Leuconostoc*속 젖산균의 선택배지인 PES배지 상에 나타난 *Leuconostoc*속 젖산균 수는 25°C 발효 1~2일째에 $10^6 \sim 10^7$ cfu/ml로 최대치를 나타냈으며 장김치의 초기 균수가 많았다. 그러나, 그 후 *Leuconostoc*속 균수는 감소되지만 점도는 저하되지 않았다. 한편, 김치발효과정에서 PCA배지에 나타난 균의 총수는 발효 1일 후에 $10^7 \sim 10^8$ cfu/ml로 최대에 달하고 그 이후로 큰 변화는 찾아 볼 수 없었다. 또한 장김치와 소금김치 사이에도 큰 차이는 없어 점성물질이 생성되는 것은 균수의 차이에 따른 것이 아니라 점성물질 생성조건 차이에 따른 것으로 생각된다.

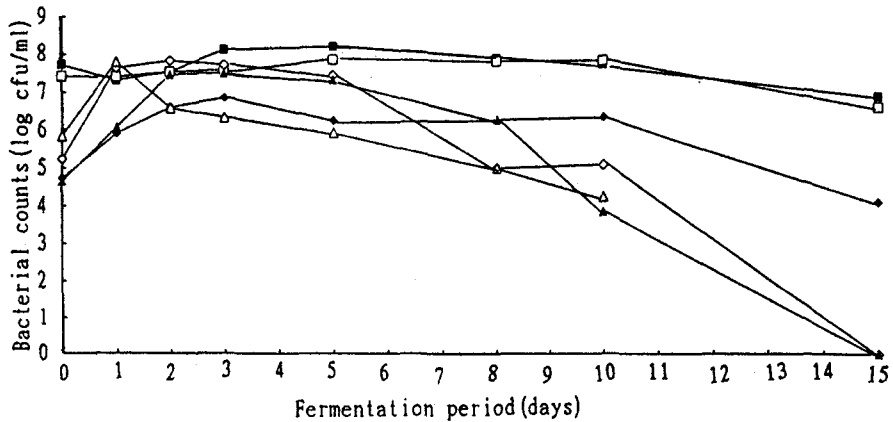


Fig. 6. Change of bacterial counts during fermentation of Jangkimchi.

Total cell number; —■—: Jangkimchi, —□—: Kimchi, —◆—: Jangkimchi+Suc. 2%

Leuconostoc sp. cell number; —◇—: Jangkimchi, —▲—: Kimchi, —△—: Jangkimchi+Suc. 2%

요 약

김치 담글 때 조미료로 sucrose를 첨가한 경우, 발효 시간의 경과와 더불어 김치국물의 점도가 증가한다. 이 현상은 장김치에서 두드러지는 것으로 관찰되었으므로 본 연구에서는 소금으로 담근 김치를 대조구로 하여 간장으로 담근 장김치에서의 점도 증가를 비교하였으며 이 점성물질의 본성을 밝힘과 동시에 그 생성조건을 검토하였다. 장김치국물에 에탄올을 가하여 생성된 침전물을 산으로 가수분해하여 HPLC로 분석한 결과 glucose를 단위체로 한 polysaccharide인 dextran으로 밝혀졌다. 이 dextran의 생성에는 glucose 보다는 sucrose가 효과적이며, sucrose의 농도가 10%까지 증가함에 따라 점도는 비례하여 증가하였다. 또 소금 보다는 간장으로 담근 김치에서 점도가 높았으며, 혐기적인 조건 보다는 호기적인 조건에서 점도가 높았다. 장김치는 소금김치 보다 산생성이 많았으며 당을 첨가한 경우 산 생성량은 증가하였다. 또 환원당량은 sucrose를 첨가한 경우 김치숙성 초기에 크게 증가하였다. 김치발효과정 중 총 균수와 *Leuconostoc* 세균수의 변화를 살펴 본 결과 발효 1일째에 *Leuconostoc* 균수, 총 균수가 최대에 달했으며 *Leuconostoc* 균수는 그 후 점차 감소하였다. 장김치와 소금김치 간에는 발효 중 균수의 차이가 없었으며 sucrose를 첨가한 경우에도 큰 차이는 없는 것으로 나타나 김치에서 점성물질이 생성되는 것은 균수에 의한 차이가 아니라 점성물질

생성 조건의 차이에 의한 것으로 생각되었다.

감사의 글

본 연구는 1994년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하였으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- 이태녕, 김점식, 정동효, 김호식 : 김치성분에 관한 연구 (제2보), 김치숙성과정에 있어서의 vitamin 함량의 변화. 과연휘보, 5, 43(1960)
- 강수기, 박완수, 최태동 : 김치 수지맛은 사업추진과 경영. 농민신문사, p.19(1995)
- 이석형 : 식해에서 분리한 *Leuconostoc mesenteroides*가 생산하는 dextransucrase 및 dextran의 성질. 고려대학교 석사학위논문(1990)
- 민태익 : 김치발효와 미생물. 한국조리과학회지, 4, 96(1988)
- 飯屋園 璋, 飯盛和代, 草野幸子, 松岡麻男, 松本富子 : 食品分析ハンドブック. 建帛社, 東京, p.19(1982)
- 京都大學農學部 食品工學教室編 : 食品工學實驗書(上卷). 養賢堂, 京都, p.398(1991)
- 京都大學農學部 食品工學教室編 : 食品工學實驗書(下卷). 養賢堂, 京都, p.430(1991)
- 宮尾茂雄, 小川敏男 : 醱漬物の各種乳酸菌群の選擇計數. 日本食品工學會誌, 35, 610(1988)
- 윤명희 : Dextransucrase에 의한 dextran형성 기작에 관한 연구. 인하대학교 석사학위논문(1993)

(1996년 11월 11일 접수)